Determinación del Mejor Proceso de Elaboración de Dulce de Leche a Partir de la Sustitución Parcial o Total de Leche Fresca por Leche en Polvo

Roca, Erika; Cáceres, Patricio.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
eroca@espol.edu.ec; pcaceres@espol.edu.ec

Resumen

El propósito de esta tesis fue determinar si en la elaboración de dulce de leche era posible la sustitución parcial o total de leche fresca por leche en polvo reconstituida como materia prima, para obtener un producto con características similares a las del dulce de leche tradicional.

Para lograr este objetivo en primer lugar se estandarizó la leche reconstituida a utilizarse como materia prima. Después en base al diseño de experimento se elaboraron veinte muestras distintas de dulce, algunas con leche fresca, otras con leche reconstituida y otras con la mezcla de ambas en una proporción de (50:50), su cantidad de sólidos lácteos finales también podía variar del 22 al 25%, así como la glucosa agregada a la mezcla que podía ser (10 ó 20% de los azúcares totales). A ocho de las muestras elegidas se las sometió a pruebas físicas, químicas y sensoriales. Con los resultados de estas últimas se hicieron análisis estadísticos de varianza (a un nivel de confianza del 95%) para hallar diferencias significativas entre ellas y determinar cuál era la más parecida al dulce de leche tradicional.

Se concluyó que es posible reemplazar la leche fresca por la leche en polvo en la elaboración del dulce de leche, pero solo parcialmente, es decir la materia prima deberá estar compuesta por el 50% de leche fresca y el 50% de leche reconstituida del polvo, la cantidad precisa de sólidos lácteos en el producto final será del 24% y el porcentaje de glucosa agregado en la mezcla de azúcares del 10%.

Palabras Claves: *dulce de leche, leche fresca, leche en polvo reconstituida, estandarización, sustitución, diseño de experimento, análisis sensoriales, formulación.*

Abstract

The purpose of this thesis was to determine whether it was possible to substitute partially or totally raw milk by reconstituted powdered milk to produce "dulce de leche", in order to obtain a product with similar characteristics to the traditional one.

To reach this objective, first of all reconstituted powdered milk used as raw material was standardized. Next, based on experimental design twenty different samples of "dulce de leche" were made. Some of them were made with raw milk, others with reconstituted powdered milk, and others with the mix of both in a proportion of 50:50. Their percentages of milky solids within the final product might vary from 22 to 25%; as well as percentage of added glucose to the mix of sugar might be 10 or 20%. Eight samples were chosen and tested through physical, chemical and sensory analysis. Once these results were obtained, ANOVA test was carried out (with a significance level of 95%) to find out which of the samples was the most similar to the traditional "dulce de leche".

It was concluded that it was possible to substitute raw milk by reconstituted powdered milk in the production of "dulce de leche", but only partially. It means that the raw material must be composed by 50% raw milk and 50% reconstituted powdered milk; the necessary proportion of milky solids within the final product will be 24% and the percentage of added glucose in the mix of sugar will be 10%.

Keywords: *dulce de leche, raw milk, reconstituted powdered milk, standardization, substitution, experimental design, sensory analysis, formulation.*

1. Introducción

En Ecuador existen algunas industrias pequeñas y medianas que transforman leche en productos lácteos, para las cuales la disponibilidad de materia prima muchas veces representa un problema, así como su transporte, almacenamiento refrigerado y grado de confiabilidad en cuanto a composición, higiene e índice de contaminación, tanto microbiológica, como química, esta última ocasionada principalmente por la presencia de residuos antibióticos en la leche [1].

Todos los factores antes mencionados impiden al pequeño y mediano productor llevar a cabo su proceso de manera constante, higiénica y segura, sin la posibilidad de optimizar espacio y costos de almacenamiento de materia prima. El propósito de esta tesis fue determinar si en la elaboración de dulce de leche era posible la sustitución parcial o total de leche fresca por leche en polvo como materia prima, para obtener un producto con características similares a las del dulce de leche tradicional. De esta manera proponer una solución a algunos de los inconvenientes de los productores medianos y pequeños.

2. Metodología

Lo primero que se realizó es una investigación bibliográfica profunda sobre el dulce de leche en lo que se refiere a materias primas, proceso, producto y normas. Además se llevó a cabo un pequeño estudio de la demanda de dulce de leche en la ciudad de Guayaquil.

En la fase de experimentación uno de los primeros pasos fue estandarizar la leche en polvo reconstituida, utilizando normas y datos bibliográficos se determinó qué características debía tener la leche como materia prima en la elaboración del dulce de leche [2], [3] (ver tabla 1). Luego se prepararon varias diluciones de leche en polvo en agua: al 12,5 %, 13%, 14% y 15% [4] y se las analizó mediante un equipo ultrasónico o Lactoscan [5], que mide las propiedades fisicoquímicas de la leche y se llegó a la conclusión de que la dilución más apropiada como leche reconstituida era la de 15% leche en polvo y 85% agua.

Tabla 1. Estandarización de la materia prima

PROPIEDADES	Unidades	Muestra de leche en polvo al 15%	Características de la leche ideal para elaboración de dulce según normas y bibliografía
GRASA	%	4,54	mínimo 3,2%p/p
SNF	%	8,95	igual o mayor a 8,14%
DENSIDAD	Kg/m3	1030,78	mín 1029 y max 1034 kg/m3
LACTOSA	%	4,74	min 4,8%
SOLIDOS	%	0,85	
PROTEINA	%	3,34	mínimo 3% p/p
AGUA AÑADIDA	%	0	
PUNTO DE CONG	Cº	-0,573	menor a -0,518 ºC
PH		5,9	de 6,55 a 6,75

Erika Roca (2010), basada en [2], [3]

Posteriormente se diseñó el experimento donde se determinaron tres variables, tipo de materia prima, cantidad de sólidos lácteos en el producto final y porcentaje de glucosa agregado a la mezcla de azúcares (ver tabla 2) y se elaboró veinte muestras distintas de dulce bajo el procedimiento de la figura 1.

Tabla 2. Niveles de las variables

Variables	Niveles de las variables			
Tipo de leche	Leche fresca	Leche reconstituida	Mezcla 50% leche fresca + 50% leche reconstituida	
Cantidad de sólidos lácteos en el manjar	22%	23%	24%	25%
Porcentaje de glucosa del total de los azúcares	10%	20%		

Erika Roca (2010).

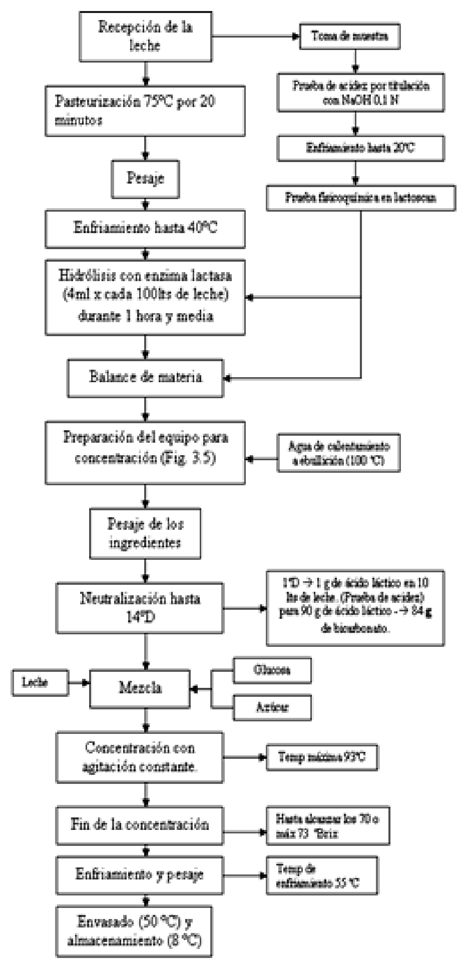

Figura 1. Proceso de elaboración de muestras de dulce de leche.

La diferencia de este procedimiento para usar leche reconstituida está en que debía prepararse como se indica en la estandarización y diluirse en caliente, y para usar la mezcla de leches había que pesar iguales cantidades de leche reconstituida y fresca pasteurizada y proseguir como se indica en la figura 1 a partir del enfriamiento.

Para conocer las cantidades adecuadas de los ingredientes, leche, sacarosa, glucosa y bicarbonato, se investigó en normas y bibliografías [2], [6] y luego se hicieron balances de materia usando hojas de cálculo en Excel.

Mediante una primera degustación técnica quedaron ocho muestras elegidas, las cuales fueron sometidas a tres tipos pruebas: física de textura, química de sólidos totales y sensorial, esta última no fue una evaluación formal, sino que primero se realizó una segunda degustación técnica para eliminar algunas muestras y facilitar el posterior análisis sensorial por parte de los consumidores, quedando tres (ver tabla 3).

Tabla 3. Muestras para el análisis sensorial de preferencia

# de Muestra	Tipo de leche	% de Sólidos Lácteos	% de Glucosa	Código
11R	Reconstituida	24%	10%	241
17R	Mezcla lf+lp	24%	10%	341
18R	Mezcla lf+lp	24%	20%	342

Erika Roca (2010)

Dichas muestras pasaron por un análisis sensorial de preferencia [7] en el cual se evaluaron tres atributos, textura, sabor y aroma, los datos de las encuestas fueron introducidos en el programa estadístico StatGraphics y se realizó un análisis simple de varianza según cada parámetro, los resultados fueron que en sabor y aroma las muestras no presentaron diferencias significativas entre ellas a un nivel de confianza del 95%, mientras que en el parámetro de textura si se encontraron diferencias, siendo la muestra 342 la de textura distinta a las otras dos, pues esta era más acuosa.

Por tal motivo se decidió realizar un nuevo análisis sensorial, pero esta vez no de preferencia sino de comparaciones múltiples [8] para conocer cuál de las dos muestras elegidas 241 o 341 tenía las características más similares a las de un dulce de leche tradicional. En ésta ocasión se evaluó dulzor, grumosidad y untuosidad de las muestras antes mencionadas comparándolas con una de referencia del mercado.

Luego del análisis de varianza se determinó que en los parámetros de dulzor y grumosidad las muestras no presentaron diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%, mientras que en el parámetro de untuosidad sí; la muestra 341 era ligeramente más untable que la de referencia y la 241 ligeramente menos.

El análisis físico se lo hizo mediante el equipo medidor de textura "Brookfield CT-3 Texture Analyzer" y se determinó dureza, consistencia y cohesividad de las muestras [9], con el fin de compararlas con algunos ejemplares de dulce de leche del mercado.

El análisis químico fue de dos tipos, uno de sólidos totales donde se midieron los grados brix de las muestras con un refractómetro de mano escala 45 a 80 [10], durante: su elaboración, como producto final y a lo largo de su almacenamiento y otro análisis fue de tipo fisicoquímico y solo se realizó en la muestra que sería la base de la formulación del producto definitivo.

Luego de haber llevado a cabo todo el conjunto de análisis mencionados se determinó finalmente cual de las muestras sería la base para la formulación del nuevo producto.

3. Resultados

La muestra elaborada a partir de la mezcla de 50% leche fresca y 50% leche en polvo reconstituida, con 24% de sólidos lácteos como producto final y 10% de glucosa en la mezcla de azúcares añadidos, fue la elegida para la formulación del nuevo producto, debido a que de entre todas las muestras del diseño de experimento ésta era la que tenía las características más similares a las del dulce de leche tradicional, en cuanto a sabor, aroma y sobre todo textura. Además de las ventajas sensoriales, la muestra 341 presentaba un alto rendimiento en el proceso siendo este del 40%.

En el aspecto sensorial la muestra 341 presentó los siguientes atributos: color castaño acaramelado, consistencia cremosa- untable, sabor dulce y aroma lácteo ligero.

En la tabla 4 se presentan las características fisicoquímicas de la muestra elegida como base para la formulación del producto desarrollado.

Tabla 4. Características fisicoquímicas del producto.

Características fisicoquímicas		
Parámetro	**Unidades**	**Método**
Dureza:	38 g (aprox.)	Brookfield Texture Analyzer CT- 3.
Consistencia:	1,54 mJ (aprox.)	Brookfield Texture Analyzer CT- 3.
Grados Brix	72 °Brix	Refractómetro de mano de 45 a 80°Brix
g% De Grasa	8,94	AOAC18TH 952.06
g% de Humedad	19,22	AOAC18TH 941.08
g% de Proteínas (Nx6,38)[3]	7,52	AOAC18TH 930.33
g% de Azúcares invertidos	49,43	AOAC18TH 923.09
% de Carbohidratos	62,47	Cálculo
g% de Cenizas	1,85	AOAC18TH 945.46

Erika Roca (2011)

4. Formulación del producto y diseño del proceso.

La formulación del producto que se propone en esta investigación, se ha creado a partir de los componentes de la muestra elegida 341, elaborada con la mezcla de leches fresca y en polvo en una proporción (50:50), 24% de sólidos lácteos en el producto final y 10% de glucosa. En la tabla 5 se presenta la formulación del producto.

Tabla 5. Formulación del producto desarrollado.

Formulación del producto	
En base a kilogramos de leche a procesar	
Ingrediente	**Porcentaje**
Mezcla de leches	100%
Leche reconstituida del polvo	50%
Leche fresca	50%
% De sólidos lácteos del dulce de leche	24%
% De azúcares totales	de 22.5 a 24,5% en base a kg de leche *
Sacarosa	90% de azúcares. totales
Glucosa	10% de azúcares. Totales
Bicarbonato	de 0,05 a 0,06% en base a kg de leche
Sorbato	0,03% del volumen de leche utilizada

Erika Roca (2011), basada en [2], [6] y [11].

El diseño del proceso se desarrollo asumiendo que este es de tipo semi- industrial y se presenta en la figura 2.

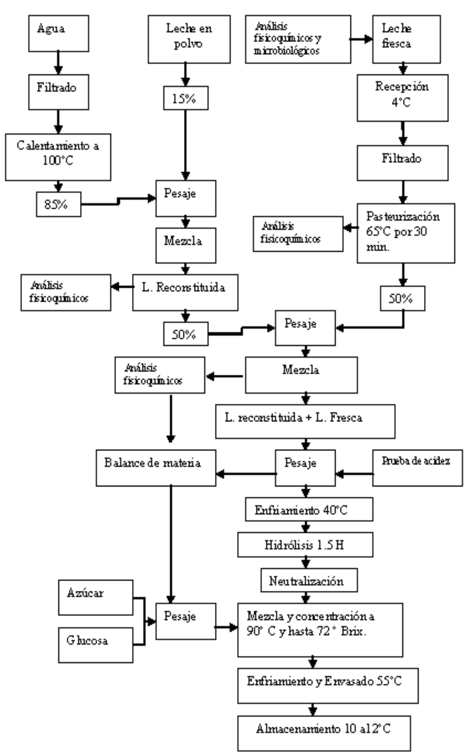

Figura 2. Diseño del proceso.

6. Envase y vida útil.

El tipo de envase escogido para el producto desarrollado es de vidrio con tapa twist y capacidad de 250g, y se lo eligió por las siguientes razones:

Permite una mejor conservación del producto debido a su tapa hermética.

Como el producto deberá ser almacenado en refrigeración, es necesario que el envase sea de un material impermeable a los olores, y el vidrio tiene esta propiedad.

El agua libre presente en el dulce de leche se evapora a menor velocidad estando en un envase de vidrio que en uno de plástico, esto es beneficioso pues mientras mayor sea la velocidad de evaporación del agua libre del dulce, mas rápido aparecerá el defecto de la cristalización [3].

El tiempo de vida útil aproximado del producto desarrollado es de tres meses en refrigeración, a una temperatura de 10 a 12° C.

6. Costo de producción.

Se lo calculó en función del estudio de la demanda realizado anteriormente, donde se obtuvo que la producción diaria aproximada debiera ser de 76 kg diarios ó 300 frascos de 250g. Con este volumen el costo de producción por kilogramo era de $4,70 y por cada frasco de 250g fue calculado en $1,74.

El precio de venta por unidad aproximadamente era de $2,17 y se lo calculo aumentando un 25% más al costo de fabricación, debido a gastos administrativos, de comercialización y utilidades.

7. Conclusiones.

Se concluyó que es posible reemplazar la leche fresca por la leche en polvo en la elaboración del dulce de leche, pero no en su totalidad, la materia prima deberá estar compuesta por el 50% de leche fresca y el 50% de leche reconstituida del polvo, la cantidad precisa de sólidos lácteos en el producto será del 24% y el porcentaje de glucosa agregado en la mezcla del 10%.

La bibliografía sobre leche en polvo dice que esta puede ser reconstituida del 12,5 al 15% de polvo disuelto en agua, en la estandarización se determinó que para utilizar este tipo de leche como materia prima en la elaboración de dulce de leche, ésta debía ser diluida en una proporción de 85% agua y 15% leche en polvo, de esta manera a mas de cumplir con requisitos de normas internacionales, se lograba una mejor textura en el producto final.

Según análisis sensoriales, entre la muestra elegida (341) y el dulce de leche tradicional no habían diferencias significativas en cuanto a parámetros de sabor y aroma, sino únicamente de textura, específicamente en la untuosidad.

Según el análisis fisicoquímico realizado de la muestra 341 que es la base para la formulación del producto desarrollado, ésta cumple con las especificaciones fisicoquímicas planteadas en la Norma Ecuatoriana INEN 700 Para Dulce de Leche.

El precio de venta al público del producto desarrollado en esta investigación es aproximadamente es de $ 2,17. En el mercado ecuatoriano existen dulces de leche con el mismo contenido, y sus precios oscilan entre $0,90 y $1.35, sin embargo cabe mencionar que su tipo de envase por lo general son tarrinas plásticas de PP con sello interior de aluminio, o envolturas laminadas. El precio aproximado del producto desarrollado en esta investigación es elevado al compararlo con los dulces de leche nacionales.

Podría considerarse cambiar el tipo de envase, ya que el costo del frasco de vidrio con tapa rosca encarece el producto, siendo de $0,56 por unidad, mientras que una tarrina de PP con tapa y sello de aluminio, de capacidad de 250g podría costar aproximadamente $0,15.

Según los cálculos realizados, éste tipo de formulación no presenta un gran beneficio en cuanto a reducción del costo de producción, sin embargo es una excelente opción para ocasiones en las que no se dispone de suficiente leche fresca de buena calidad, o cuando se desea modificar la composición de ésta para un mayor rendimiento en la elaboración del dulce de leche.

8. Referencias

[1] San Martín. N. "Residuos de antibióticos y sulfas en leche". Revista TecnoVet, http://www.tecnovet.uchile.com, Enero 2009.

[2] "Protocolo de Calidad Para Dulce de Leche Rev. 6", Dirección Nacional de Alimentos, Andyson S.A., Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI Lácteos, Buenos Aires, Argentina, 2006.

[3] "Elaboración de manjar blanco, documento de consulta" SENATI (Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial), Perú, http://www.senati.edu.pe, Diciembre 2009.

[4] "Leche en polvo", http://www.gimolimpo.com/Paginas/LECHE%20EN%20POLVO.htm, Marzo 2010.

[5] Manual de operación del analizador de leche ultrasónico "Lactoscan".

[6] "Elaboración de Dulce de Leche", Industrial Mecánica Equipos Para la Industria Alimenticia, http://www.industrialmecanica.com.ar/DULCE%20DE%20LECHE.pdf, Diciembre 2009.

[7] Sancho. J, Bota. E, De Castro. J, *Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos*, Grupo Editor Alfaomega, México D.F., México, 2002.

[8] Anzaldua- Morales. A, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica,* Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1994.

[9] Brookfield CT-3 Texture Analyzer Manual No. M/08-371A0708.

[10] "Control de calidad" Servicios Académicos Virtuales de la Universidad Nacional de Colombia, Procesamiento y Conservación de Frutas, http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm, Octubre 2010.

[11] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 700 DULCE DE LECHE REQUISITOS.